

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-143396

(43)Date of publication of application : 23.05.2000

(51)Int.Cl.

C30B 29/38  
C30B 23/08  
H01L 33/00  
H01S 5/323  
// H01L 21/205

(21)Application number : 10-313842

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 05.11.1998

(72)Inventor : SUZUKI TAKESHI  
OI AKIHIKO

## (54) P-TYPE GALLIUM NITRIDE THIN LAYER AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a thin film that is suitable as a light emission element by adding Mg as well as Al simultaneously, when a p-type gallium nitride thin film is prepared on a substrate plate, as Mg is added to the thin film.

SOLUTION: The high carrier concentration is defined as  $\geq 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . The concentration of the Al to be added simultaneously is lowered  $\leq 2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . According to this method, Al comes in the Ga site and the instability of Mg is relieved and Mg comes in the Ga sites in high concentration according to the difference in ion radii, in other words  $\text{Mg} > \text{Ga} > \text{Al}$ , and thus the p-type gallium nitride thin film of high carrier concentration is formed. In an embodiment, sapphire is used as a substrate and the molecular beam epitaxy is used to form the thin film of gallium nitride. Gallium is fed from the effusion cell, while the nitrogen source activated with the high frequency discharge is used as nitrogen. The substrate temperature is kept at about  $700^\circ \text{C}$  and the thin film is formed by feeding Mg and Al from effusion cells, respectively.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-143396

(P2000-143396A)

(43) 公開日 平成12年5月23日 (2000. 5. 23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
C 3 0 B 29/38		C 3 0 B 29/38	D 4 G 0 7 7
23/08		23/08	M 5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 4 5
H 0 1 S 5/323		H 0 1 S 3/18	6 7 3 5 F 0 7 3
// H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-313842

(22) 出願日 平成10年11月5日 (1998. 11. 5)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 鈴木 健

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 大井 明彦

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100088339

弁理士 篠部 正治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 p型窒化ガリウム薄膜およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以上の高キャリア濃度を有し、発光素子に適した p 型窒化ガリウム薄膜およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 基板上に形成され、Mgが添加された p 型窒化ガリウム薄膜において、前記Mgと同時にAlを添加する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板上に形成され、Mgが添加された p 型窒化ガリウム薄膜において、前記Mgと同時にAlが添加されていることを特徴とする p 型窒化ガリウム薄膜。

【請求項 2】前記Mgの添加量は一定であり、キャリア濃度はAlの添加量によって制御されたことを特徴とする請求項 1 に記載の p 型窒化ガリウム薄膜の製造方法。

【請求項 3】前記Alの濃度は  $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の p 型窒化ガリウム薄膜。

【請求項 4】有機金属気相成長または分子線エビタキシにより基板上にMgを添加しながら窒化ガリウム薄膜を形成する p 型窒化ガリウム薄膜の製造方法において、前記Mgの添加と同時にAlの添加を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の p 型窒化ガリウム薄膜の製造方法。

【請求項 5】前記Mgの供給量は一定であり、Alの供給量のみを変えることを特徴とする p 型窒化ガリウム薄膜の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】基板上の不純物を添加された p 型窒化ガリウム薄膜、および不純物を添加しながら薄膜を形成する p 型窒化ガリウム薄膜の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】窒化ガリウム薄膜（単結晶）のキャリア濃度制御は、窒化ガリウム薄膜を各種の半導体素子として利用する際の基本技術である。発光素子などに用いられる窒化ガリウム薄膜はサファイア基板上に成長され、Siがドナー用添加物として、Mgがアクセプター用添加物として用いられている。

【0003】高い電流密度を必要とする発光素子に対しては、高いキャリア密度となるような不純物添加が要求される。窒化ガリウム薄膜へのドナー添加は比較的容易であり、キャリア濃度  $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  の薄膜が一般に得られている。一方、アクセプター添加によって  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以上のキャリア濃度を得ることは非常に困難である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】窒化ガリウム結晶 (Ga N) に添加されたMgはGaを置換してGaサイトを占める。Ga N の共有結合性を無視してイオン結晶だと仮定すると、Gaのイオン半径は  $0.058 \text{ nm}$  である。これに対してMgのイオン半径は  $0.065 \text{ nm}$  であり、Gaのそれより 12 % 大きい。Mgを添加された窒化ガリウム結晶は、このイオン半径の違いによって結晶全体が不安定となるので、Mgには排除しようとする力が作用して、高濃度のMgはGaサイトを占めることができなくなる。すなわち高キャリア濃度の p 型結晶は得られない。

【0005】本発明の目的は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以上の高

(2)

キャリア濃度を有し、発光素子に適した p 型窒化ガリウム薄膜およびその製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、基板上に形成され、Mgが添加された p 型窒化ガリウム薄膜において、前記Mgと同時にAlが添加されていることとする。前記Mgの添加量は一定であり、キャリア濃度はAlの添加量によって制御されていると良い。前記Alの濃度は  $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以下であると良い。

10

【0007】有機金属気相成長または分子線エビタキシにより基板上にMgを添加しながら窒化ガリウム薄膜を形成する p 型窒化ガリウム薄膜の製造方法において、前記Mgの添加と同時にAlの添加を行うこととする。前記Mgの供給量は一定であり、Alの供給量のみを変えると良い。

## 【0008】

【発明の実施の形態】本発明によれば、Mgと同時にAlを添加したので、イオン半径が  $0.049 \text{ nm}$  とGaのそれよりも小さいAlはGaサイトに入り、これらの平均のイオン半径はGaのそれと略等しくなりMgによる不安定化は緩和される。従ってMgはより高濃度までGaサイトに入り、従来にない高いキャリア濃度の p 型窒化ガリウム薄膜が得られる。

20

【0009】また、Mgの添加（供給）量を一定として、Al添加（供給）量のみを可変とするので、従来通り 1 種の不純物のみの制御によりキャリア濃度の制御ができるので、その（制御）精度は 2 種の不純物を用いているにも係わらず高く、製造方法は従来より殆ど複雑とはならない。

## 実施例 1

c 面を基板面とするサファイア基板を用いた。

【0010】窒化ガリウム薄膜の成膜は分子線エビタキシ（MBE）により、Gaの供給はエフェュージョンセルから行い、N の供給は高周波放電を利用した活性窒素源から行った。

【0011】まず、酸洗浄して清浄化した後、基板温度を  $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$  として、膜厚  $2 \text{ nm}$  の GaN からなる低温バッファ層を形成した。次に、基板温度を  $850 \text{ }^{\circ}\text{C}$  に上昇させ、不純物の添加は行わずに  $300 \text{ nm/h}$  の成膜速度で厚さ  $1 \text{ }\mu\text{m}$  の窒化ガリウム薄膜を成膜した。この薄膜はホール測定では、キャリア濃度を測定することができない程度に高抵抗であった。

30

【0012】次に高キャリア濃度の窒化ガリウム薄膜を成膜した。基板温度を  $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$  に下げ、 $300 \text{ nm/h}$  の成膜速度で厚さ  $300 \text{ nm}$  とした。Mgの供給はエフェュージョンセルから行い、蒸気圧を  $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$  に固定し、同時に別のエフェュージョンセルから供給したAlの蒸気圧を種々の値とし、キャリア濃度との相関を調べた。なお、このMgの添加に対してAlの添加を行わない場合はキャリア濃度の上限は  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  であった。

50

【0013】図1は本発明に係るMBEによる窒化ガリウム薄膜中のAl添加量とキャリア濃度の関係を示すグラフである。Alの添加量が $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下ではキャリア濃度はAlの添加量に略比例しており、Alの添加量の約1/20～約1/5の範囲内に収まっていることが判る。それ以上の添加量ではキャリア濃度は減少する傾向がみられた。またAlの添加量がおおよそ $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ のときキャリア濃度は最大となり、 $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0014】また、Alの添加量が $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下であればバンドギャップや屈折率は殆ど変化しないので、窒化ガリウムとして取り扱うことができる。しかし、それ以上に増加させるとこれらは変化してしまう。

\*

## \*実施例2

有機金属気相成長(MOCVD)により、実施例1と同じ層構成のp型窒化ガリウム薄膜を製造した。サファイア基板を酸洗浄した後、MOCVD装置に基板をロードして水素雰囲気中で $1050^\circ\text{C}$ に加熱し、清浄化した。

【0015】そして、基板温度を $510^\circ\text{C}$ とし、厚さ30nmのGaNからなるパッファ層を形成した。次いで、基板温度を $1070^\circ\text{C}$ に昇温し、次表に示す成膜条件で厚さ $1 \mu\text{m}$ のp型GaN薄膜を成長させた。Alの添加量はトリメチルアルミニウムの供給流量を変えることにより制御した。各原料ガスと供給量を次表に示す。

【0016】

【表1】

原料ガス	供給流量
トリメチルガリウム	1.3 $\mu\text{mol/min}$
ビスシクロペンタジエニル マグネシウム	6.5 $\mu\text{mol/min}$
トリメチルアルミニウム	0.01～100 $\text{nmol/min}$
アンモニア	4 $\text{l/min}$

図2は本発明に係るMOCVDによる窒化ガリウム薄膜中のAl濃度とキャリア濃度の関係を示すグラフである。Al添加量とキャリア濃度の関係は実施例1のMBEの場合と同様であり、キャリア濃度はAl添加量に依存し、成膜方法に依らないことが判る。

【0017】

【発明の効果】本発明によれば、基板上に形成され、Mgが添加されたp型窒化ガリウム薄膜において、前記Mgと同時にAlを添加するようにしたので、Mgによる結晶格子の歪みをAlが緩和するように作用するため、MgがGaサイトに入るようになりキャリア濃度を高くするようになる。このような電導度の高いp型窒化ガリウム薄膜は抵抗発

熱が低く、発光素子をはじめ半導体装置の特性向上に有用である。

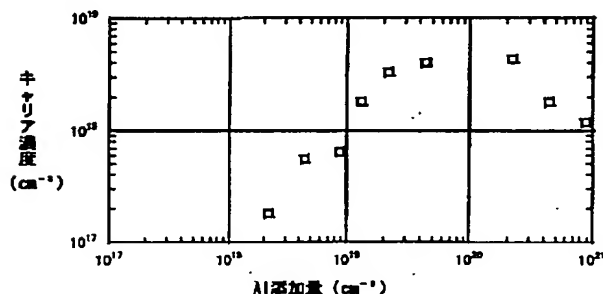
【0018】また、一定のMgの添加量に対してAlの添加量の制御により、種々のキャリア濃度を得ることができ、従来と同じ程度に簡単にp型窒化ガリウム薄膜の製造を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

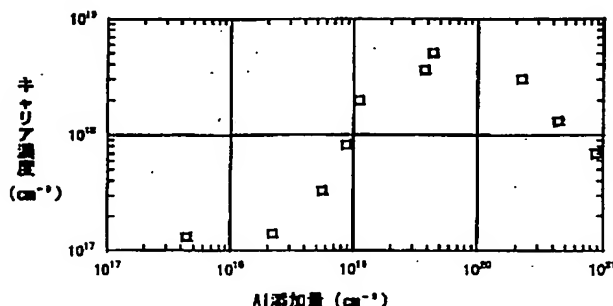
【図1】本発明に係るMBEによる窒化ガリウム薄膜中のAl添加量とキャリア濃度の関係を示すグラフである。

【図2】本発明に係るMOCVDによる窒化ガリウム薄膜中のAl濃度とキャリア濃度の関係を示すグラフである。

【図1】



【図2】



(4)

特開 2000-143396

フロントページの続き

F ターム(参考) 4G077 AA03 AB01 BE15 DA05 DB08  
EB01  
5F041 AA24 AA31 CA40 CA46 CA57  
CA58 CA65 CA66  
5F045 AA04 AB14 AC08 AC12 AC19  
AD09 AD11 AD12 AD14 AF09  
AF13 CA10 DA53 DA59 EB15  
5F073 CA02 CB19 DA11 EA29